

PERENCANAAN SISTEM PENGETANAHAN PERALATAN UNTUK UNIT PEMBANGKIT BARU DI PT. INDONESIA POWER GRATI

JURNAL

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
IGNATIUS AGUNG PRATAMA
NIM. 0910630064-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2014



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp& Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : IGNATIUS AGUNG PRATAMA
NIM : 0910630064
PROGRAM STUDI : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK
**JUDUL SKRIPSI : PERENCANAAN SISTEM PENGETANAHAN PERALATAN UNTUK
UNIT PEMBANGKIT BARU DI PT. INDONESIA POWER GRATI**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs.Ir.Moch.Dhofir, MT.
NIP. 19600701 199002 1 001

Dr.Ir.Harry Soekotjo D., M.Sc.
NIP. 19490309 198602 1 001

Perencanaan Sistem Pengetanahan Peralatan untuk Unit Pembangkit Baru di PT. Indonesia Power Grati

Ignatius Agung Pratama¹, Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.², Dr. Ir. Harry Soekotjo D., M.Sc³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: aaglor@gmail.com

Abstrak—Dalam memenuhi pertumbuhan kebutuhan daya listrik di Indonesia, PT. Indonesia Power Grati selaku anak Perusahaan Listrik Negara (PLN) menambah 1 unit Pembangkit baru sebesar 350 MVA. Penambahan unit Pembangkit baru tersebut harus dilengkapi dengan sistem pengetanahan peralatan yang baik. Arus gangguan ke tanah terbesar setelah adanya penambahan unit Pembangkit baru dan arus ini digunakan sebagai dasar perencanaan sistem pengetanahan peralatan yaitu sebesar 8458,425 ampere. Evaluasi sistem pengetanahan peralatan yang sudah terpasang dengan menggunakan arus gangguan terbesar tersebut, menghasilkan tegangan sentuh dan tegangan langkah masih dibawah tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diijinkan. Desain sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru hanya menggunakan konduktor *grid* dengan kedalaman penanaman konduktor pengetanahan sedalam 1 meter dari permukaan tanah. Panjang konduktor pengetanahan total untuk desain sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru diperoleh sebesar 1051,2 meter. Ketebalan batu koral yang sesuai sebesar 0,08 meter. Nilai tegangan sentuh setelah adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru turun dari 187,8 volt menjadi 173,6 volt dan nilai tegangan langkah turun dari 27,2 volt menjadi 25,4 volt. Sedangkan untuk nilai tahanan pengetanahannya turun dari 0,182 Ω menjadi 0,168 Ω .

Kata Kunci—Unit Pembangkit baru, arus gangguan ke tanah, tegangan sentuh, tegangan langkah, tahanan pengetanahan

I. PENDAHULUAN

Dalam memenuhi pertumbuhan kebutuhan daya listrik di Indonesia, PT. Indonesia Power Grati selaku anak Perusahaan Listrik Negara (PLN) menambah 1 unit Pembangkit baru sebesar 350 MVA. Penambahan unit Pembangkit baru tersebut terdiri dari satu Pembangkit Tenaga Gas beserta satu Transformator Daya sebagai penaik tegangan keluaran Pembangkit sebelum di transmisikan ke SUTET (Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi).

Penambahan unit Pembangkit baru tersebut harus dilengkapi dengan sistem pengetanahan peralatan yang baik. Sistem pengetanahan peralatan tersebut digunakan untuk membatasi tegangan yang timbul di antara peralatan, peralatan dengan tanah dan meratakan gradien tegangan yang timbul pada permukaan tanah di area unit Pembangkit baru akibat arus gangguan yang mengalir ke dalam tanah. Arus gangguan ini dapat menimbulkan bahaya pada saat terjadi gangguan karena akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal pada juga mengalir dalam tanah di sekitar area untuk unit

Pembangkit baru. Arus gangguan tanah yang mengalir di tempat gangguan maupun di tempat pengetanahan peralatan akan menimbulkan tegangan di permukaan tanah yang dapat mengakibatkan terjadinya tegangan sentuh dan tegangan langkah yang melampaui batas-batas keamanan dan keselamatan manusia.

Atas dasar latar belakang tersebut, maka di dalam skripsi ini akan dibahas mengenai perencanaan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru di PT. Indonesia Power Grati yang memenuhi standar keselamatan dan keamanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Arus Gangguan ke Tanah Terbesar

Dalam sistem tenaga listrik terdapat 3 jenis arus gangguan ke tanah antara lain adalah gangguan satu fasa ke tanah, gangguan dua fasa ke tanah, dan gangguan tiga fasa ke tanah. Berdasarkan penelitian, gangguan satu fasa ke tanah memiliki probabilitas terjadinya mencapai 80%. Sedangkan gangguan dua fasa ke tanah kurang lebih mencapai 15% dan sisanya kurang dari 5% merupakan probabilitas terjadinya gangguan 3 fasa ke tanah (Stevenson, 1994:380).

IEEE membatasi analisa arus gangguan ke tanah berdasarkan probabilitas terjadinya yaitu gangguan satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah.

Persamaan - persamaan saat gangguan ke tanah terjadi pada salah satu fasa, contoh pada fasa a (Sulasno, 1993 : 183) adalah :

$$I_{f(1\phi-G)} = I_a = \frac{3 \cdot V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (1)$$

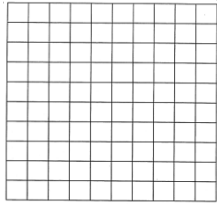
Persamaan-persamaan saat gangguan tanah terjadi pada dua fasa, contoh fasa b dan c (Sulasno, 1993 : 196) adalah :

$$I_{f(2\phi-G)} = 3 \cdot I_{a0} \quad (2)$$

B. Pengetanahan Peralatan Gardu Induk Dengan Sistem Grid

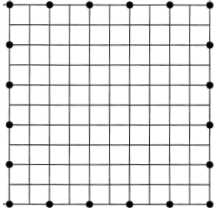
Pengetanahan grid merupakan salah satu sistem pengetanahan yang banyak digunakan pada Pembangkit maupun pada Gardu Induk karena mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem pengetanahan rod. Beberapa keuntungan tersebut antara lain pemasangannya lebih mudah terutama pada daerah berbatu serta gradien tegangan pada sistem pengetanahan grid akan lebih rata.

Gambar 1 merupakan contoh desain sistem pengetanahan grid.



Gambar 1 Sistem pengetanahan grid tanpa rod
Sumber : IEEE std 80, 2000:132

Untuk mengurangi nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah digunakan sistem pengetanahan kombinasi antara grid dengan rod. Gambar 2 merupakan contoh desain sistem pengetanahan grid dengan rod.



Gambar 2 Sistem pengetanahan grid dengan rod
Sumber : IEEE std 80, 2000:135

Untuk mencari tahanan sistem pengetanahan grid dengan kombinasi dengan rod dapat digunakan Persamaan yang dikembangkan oleh Sverak yaitu sebagai berikut :

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (3)$$

Dengan :

h = kedalaman dari grid (m)

C. Penentuan Ukuran Konduktor Pengetanahan

Luas penampang konduktor minimum pengetanahan dapat ditentukan dengan menggunakan sebagai berikut. (IEEE Std 80, 2000:23)

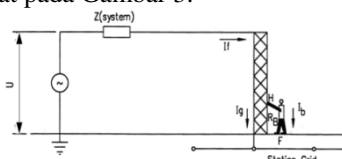
$$A_{mm^2} = I_F \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_f \cdot a_r \cdot p_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)}} \quad (4)$$

D. Bahaya-Bahaya yang Timbul Pada Gardu Induk Pada Keadaan Gangguan Tanah

Pada hakekatnya tegangan selama mengalirnya arus gangguan tanah dapat dibedakan menjadi 2 yaitu Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah.

1. Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan konduktor pengetanahan yang berada di bawahnya, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tegangan sentuh
Sumber : IEEE Std 80, 2000:17-18

Manusia dengan berat badan 50 dan 70 Kg yang berada diantara satu objek dapat dihitung tegangan sentuh yang diizinkan pada persamaan sebagai berikut: (Hutauruk, 1999:131)

$$E_{t70} = (1000 + 1.5 Cs \cdot ps) \cdot \frac{0.157}{\sqrt{t_f}} \quad (5)$$

$$E_{t50} = (1000 + 1.5 Cs \cdot ps) \cdot \frac{0.116}{\sqrt{t_f}} \quad (6)$$

Dengan :

Cs = Faktor reduksi nilai tahanan jenis permukaan tanah

ps = Tahanan jenis permukaan material (lapisan batu koral) (Ω -m)

t_f = Waktu gangguan tanah (waktu kejut), detik

hs = Ketebalan lapisan batu koral antara 0.08 sampai 0.15 meter.

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -m)

ps = Tahanan jenis permukaan material lapisan batu koral (Ω -m)

Tegangan sentuh sebenarnya dapat dicari dengan persamaan :

$$E_t = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_F}{L_M} \quad (7)$$

Dengan :

K_i = Faktor ketidakmerataan kerapatan arus

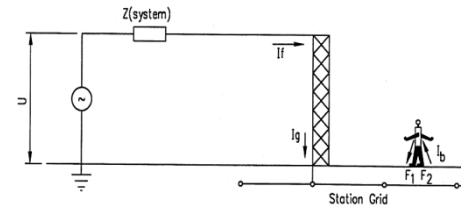
K_m = Faktor geometri untuk tegangan sentuh

I_F = besar arus gangguan tanah

L_M = penanaman konduktor efektif (m)

2. Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara dua kaki orang yang sedang berdiri diatas tanah yang sedang dialiri oleh arus gangguan ke tanah (Hutauruk, 1999:131), dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tegangan Langkah
Sumber : IEEE Std 80, 2000:19

Tegangan langkah yang diizinkan untuk manusia dengan berat badan 50 dan 70 Kg dapat dihitung pada persamaan sebagai berikut: (IEEE Std 80, 2000:27)

$$E_{s50} = (1000 + 6 Cs \cdot ps) \cdot \frac{0.116}{\sqrt{t_f}} \quad (8)$$

$$E_{s70} = (1000 + 6 Cs \cdot ps) \cdot \frac{0.157}{\sqrt{t_f}} \quad (9)$$

Tegangan langkah terbesar sebenarnya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (IEEE std 80, 2000:94)

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_F}{L_s} \quad (10)$$

Dengan :

K_s = Faktor geometri untuk tegangan langkah

I_F = besar arus gangguan tanah

L_M = penanaman konduktor efektif (m)

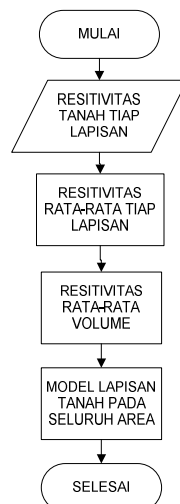
III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodelogi penelitian untuk perencanaan sistem pengetanahan peralatan Gardu Induk dinyatakan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 5.



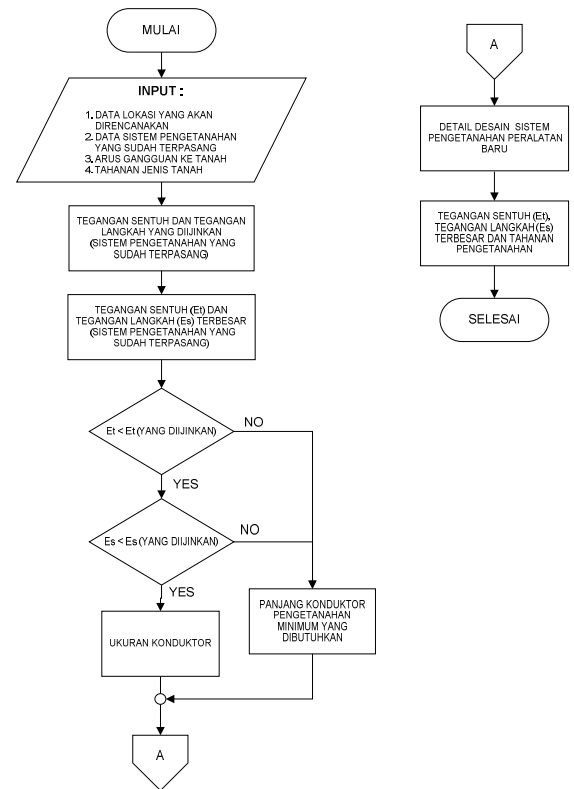
Gambar 5. Diagram alir penelitian

Analisis tahanan jenis tanah dilakukan untuk mendapatkan sebuah nilai tahanan jenis tanah sesuai yang nantinya akan digunakan dalam penentuan desain sistem pengetanahan peralatan. Langkah-langkah analisis tahanan jenis tanah diperlihatkan dengan diagram alir pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Langkah-langkah penentuan desain pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 7.

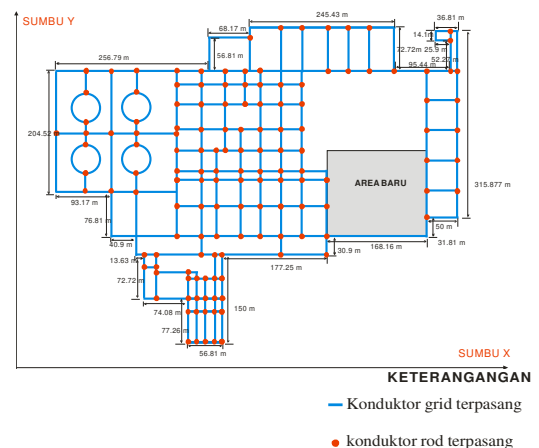


Gambar 7. Diagram alir penelitian

IV. PEMBAHASAN

A. Sistem Pengetanahan yang Sudah Terpasang di PT. Indonesia Power Grati

Desain sistem pengetanahan yang sudah terpasang di PT. Indonesia Power ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8 Detail desain sistem pengetanahan yang sudah terpasang

Sumber : Desain manual PT. PLN Grati, 6.13-57

Detail desain sistem pengetanahan peralatan yang sudah terpasang di PT. Indonesia Power Grati dapat dilihat pada Tabel 1.

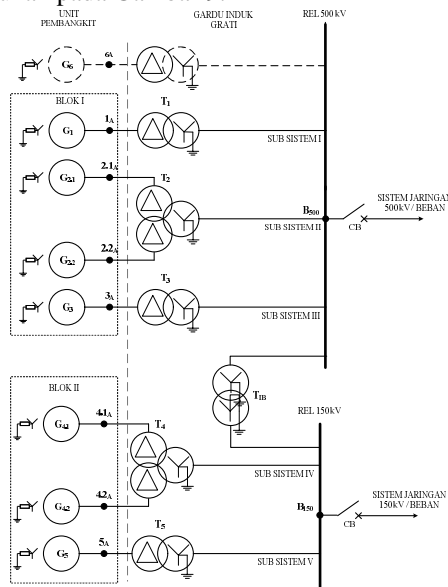
Tabel 1. Detail sistem pengetanahan peralatan yang sudah Terpasang

NO	Data Desain	Keterangan
1.	Luas daerah yang dilingkupi sistem pengetanahan (A)	174049.9 m ²
2.	Jumlah rod (n_r)	116 buah
3.	Panjang tiap konduktor rod (L_r)	6 meter
4.	Total panjang konduktor rod (L_R)	696 meter
5.	Total panjang konduktor horisontal/grid (L_G)	8079.9 meter
6.	Panjang total konduktor pengetanahan (L_T)	8775.9 meter
7.	Jarak paralel antar konduktor terbesar (D_{mak})	135.5 meter
8.	Jarak paralel antar konduktor terkecil (D_{min})	12.3 meter
9.	Panjang grid terbesar sumbu x (L_x)	683.4 meter
10.	Panjang grid terbesar sumbu y (L_y)	534 meter
11.	Tahanan jenis permukaan material (lapisan batu koral) (ρ_s)	3000 Ω -meter
12.	Ketebalan permukaan material (h_s)	0.1 meter
13.	Kedalaman penanaman konduktor grid (h)	1 meter
14.	Jenis Konduktor	Tembaga
15.	Diameter konduktor (d)	0.018 meter

Sumber : Desain manual PT. PLN Grati, 6.13-15 sampai 6.13-16, 6.13-52

B. Arus Gangguan ke Tanah

Diagram garis tunggal setelah unit pembangkit baru ditambahkan kesistem yang sudah ada seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram garis tunggal sistem pembangkit di Indonesia Power Grati setelah adanya penambahan unit pembangkit baru dengan beberapa titik gangguan

Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai arus gangguan terbesar untuk 1 fasa ke tanah dan 2 fasa ke tanah adalah arus gangguan 2 fasa ke tanah sebesar 8458.425 A pada titik B500.

C. Analisis Tahanan Jenis Tanah

Hasil pengukuran menggunakan metode geolistrik telah didapat data hasil pengukuran tahanan jenis tiap lapisan tanah hingga kedalaman 50 m. Dari kurva-kurva *isoresistivity* dihitung nilai resistivitas volume yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Tahanan jenis volume setiap kedalaman tanah

No.	Kedalaman (meter)	Tahanan jenis Rata-rata (Ω -m)
1	0 - 5	96
2	0 - 10	147,4
3	0 - 15	173
4	0 - 20	189,2
5	0 - 25	220,2
6	0 - 30	247,2
7	0 - 35	278,8
8	0 - 40	720
9	0 - 45	1073
10	0 - 50	1361,8

Dari Tabel 2 resistivitas volume dapat dimodelkan sebagai tanah heterogen dengan dua lapisan. Lapisan pertama adalah lapisan tanah hingga kedalaman 35 meter dan lapisan kedua adalah lapisan dengan kedalaman lebih dari 35 meter.

D. Analisis Penentuan Desain Sistem Pengetanahan Peralatan Untuk Unit Pembangkit Baru

1. Tegangan sentuh dan tegangan langkah

Hasil perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah pada sistem pengetanahan yang sudah terpasang terhadap arus gangguan ke tanah sebesar 8458.425 A ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah

No.	Tegangan	Nilai (volt)
1.	Tegangan sentuh yang diijinkan (E_{t50})	484
2.	Tegangan langkah yang diijinkan (E_{s50})	1587,8
3.	Tegangan sentuh	187,8
4.	Tegangan langkah	27,2

Dari hasil perhitungan, tegangan sentuh maupun tegangan langkah terbesar pada sistem pengetanahan yang sudah terpasang ternyata masih memenuhi persyaratan karena masih dibawah dari nilai tegangan sentuh dan langkah yang diijinkan. Oleh karena itu, tidak batasan panjang konduktor minimum yang harus ditambahkan pada sistem pengetanahan yang sudah terpasang akibat perubahan tegangan sentuh dan tegangan langkah yang disebabkan oleh penambahan Pembangkit baru.

2. Perhitungan untuk Menentukan Diameter Konduktor Pengetanahan

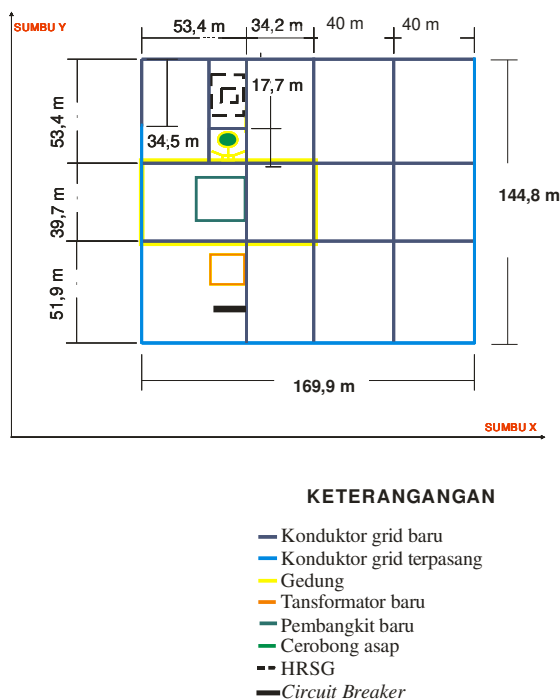
Luas penampang minimum konduktor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 4 yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_{mm^2} &= I_F \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_f \cdot a_r \cdot p_r}\right) \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}} \\
 &= 8458,425 \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3,42 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,00381 \cdot 1,78}\right) \ln\left(\frac{242 + 1084}{242 + 35,5}\right)}} \\
 &= 30,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang konduktor tersebut harus disesuaikan dengan luas konduktor yang ada di pasaran. Mengacu pada produk yang dikeluarkan oleh perusahaan General Cable (Spesifikasi produk secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 5), luas penampang konduktor dipilih sebesar 35 mm² dan dengan diameter (*d*) nominal sebesar 7,7 mm.

3. Desain Sistem Pengetanahan Peralatan untuk Unit Pembangkit Baru

Penentuan desain sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru berdasarkan desain tata letak peralatan-peralatan pada unit Pembangkit baru tersebut. Untuk detail desain dan tata letak peralatan yang ada pada unit Pembangkit baru dapat dilihat pada Gambar 10. Pada Gambar 10, desain sistem pengetanahan peralatan yang ditunjukkan hanya pada area unit Pembangkit baru saja.

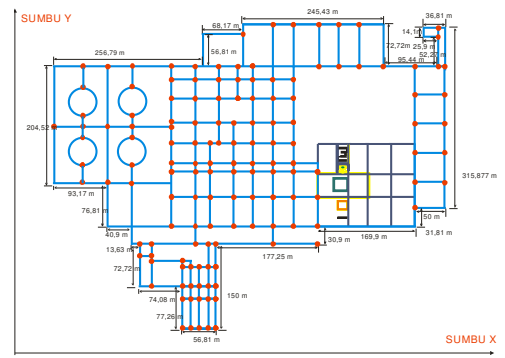


Gambar 10 Detail desain sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru

Apabila desain tersebut digabung dengan sistem pengetanahan yang sudah terpasang, desain sistem pengetanahan peralatan secara keseluruhan pada PT. Indonesia Power Grati ditunjukkan pada Gambar 11.

Ketebalan batu koral akan mempengaruhi nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diijinkan. IEEE merekomendasikan ketebalan batu koral antara 0,08 sampai 0,15 meter.

Untuk hasil perubahan faktor reduksi, tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diijinkan untuk orang dengan berat badan 50 kg dan 70 kg terhadap penambahan ketebalan lapisan batu koral secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 11. Detail desain sistem pengetanahan peralatan PT. Indonesia Power Grati setelah adanya sistem pengetanahan peralatan baru

Tabel 4 Tegangan sentuh dan langkah yang diijinkan pada seseorang dengan berat 50 dan 70 kg untuk masing-masing ketebalan batu koral

No.	Ketebalan batu koral (hs)	Faktor reduksi (Cs)	E_{t50} (volt)	E_{t70} (volt)	E_{s50} (volt)	E_{s70} (volt)
1.	0,08 meter	0,651	456,0	617,3	1476,4	1998,2
2.	0,09 meter	0,677	469,6	635,5	1530,3	2071,1
3.	0,10 meter	0,700	481,2	651,3	1576,7	2134,0
4.	0,11 meter	0,719	491,3	664,9	1617,2	2188,8
5.	0,12 meter	0,736	500,2	677,0	1652,8	2236,9
6.	0,13 meter	0,751	508,1	687,6	1684,3	2279,6
7.	0,14 meter	0,765	515,1	697,1	1712,4	2317,6
8.	0,15 meter	0,777	521,4	705,7	1737,6	2351,7

Berdasarkan evaluasi tegangan sentuh dan tegangan langkah pada sistem pengetanahan peralatan yang sudah terpasang terhadap arus gangguan akibat penambahan unit Pembangkit baru, diperoleh tegangan sentuh sebesar 187,8 volt dan tegangan langkahnya sebesar 27,2 volt. Mengacu dari teori yang ada yaitu persamaan 2.13 dan persamaan 2.32, bahwa nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah akan turun apabila ada penambahan panjang konduktor pengetanahan. Maka dari itu nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah pada keseluruhan sistem pengetanahan peralatan akan turun setelah adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru. Sehingga ketebalan batu koral yang dipilih untuk sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru yaitu sebesar 0,08 meter dengan tegangan sentuh yang diijinkan untuk dengan berat badan 50 kg sebesar 456,0 volt dan tegangan langkah yang diijinkan untuk dengan berat badan 50 kg sebesar 1476,4 volt. Nilai tersebut sudah jauh di atas dari nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah sebelum adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru.

Data lengkap desain sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data detail lengkap hasil perencanaan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru

No.	Data Desain	Keterangan
1.	Luas daerah yang dilingkupi sistem pengetanahan (A)	24618,5 meter ²
2.	Total panjang konduktor horisontal/grid (L_c)	1051,2 meter
3.	Tahanan jenis permukaan material / lapisan batu koral (ρ_s)	3000 Ω -meter
4.	Ketebalan permukaan material (h_s)	0,08 meter
5.	Kedalaman penanaman konduktor grid (h)	1 meter
6.	Jenis Konduktor pengetanahan	Tembaga berlilit <i>hard-drawn</i>
7.	Diameter konduktor (d)	0,0077 meter

4. Evaluasi Perubahan Tegangan Sentuh, Tegangan Langkah Setelah Adanya Penambahan Sistem Pengetanahan Peralatan untuk Unit Pembangkit Baru

Hasil perhitungan evaluasi tegangan sentuh dan tegangan langkah ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Tegangan sentuh dan langkah antara sebelum dan sesudah adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru

No	Kondisi Sistem Pengetanahan	E_t (volt)	E_s (volt)	R_g (Ω)
1.	Sebelum adanya penambahan sistem pengetanahan baru	187,8	27,2	0,182
2.	Sesudah adanya penambahan sistem pengetanahan baru	173,6	25,4	0,168

Terlihat pada Tabel 4.7 adanya penurunan nilai tegangan sentuh setelah adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru yaitu sebesar 14,2 volt. Sedangkan nilai tegangan langkahnya turun sebesar 1,8 volt. Tahanan pengetanahannya juga berkurang sebesar 0,014 Ω .

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan arus gangguan ke tanah terbesar yang terjadi setelah adanya penambahan unit Pembangkit baru yaitu sebesar 8458,425 ampere diperoleh desain pengetanahan peralatan model *grid* tanpa konduktor *rod* dengan panjang total konduktor pengetanahan sebesar 11567,2 meter. Material konduktor pengetanahan menggunakan jenis konduktor tembaga berlilit tipe *hard-drawn* dengan diameter 0,0077 meter. Penanaman konduktor *grid* dengan kedalaman 1 meter dari permukaan tanah dan ketebalan lapisan batu koral sebesar 0,08 meter.

2. Nilai tegangan sentuh setelah adanya penambahan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru turun dari 187,8 volt menjadi 173,6 volt dan nilai tegangan langkah turun dari 27,2 volt menjadi 25,4 volt. Nilai tersebut sudah dibawah dari nilai tegangan sentuh yang diijinkan yaitu sebesar 456,0 volt dan tegangan langkah yang diijinkan sebesar 1476,4 volt untuk ketebalan lapisan batu koral yang dipilih yaitu sebesar 0,08 meter. Sedangkan untuk nilai tahanan pengetanahannya turun dari 0,182 Ω menjadi 0,168 Ω .

B. Saran

Dari hasil pembahasan perencanaan sistem pengetanahan peralatan untuk unit Pembangkit baru di PT. Indonesia Power Grati, ada beberapa saran untuk perencanaan sistem pengetanahan peralatan yang baik untuk kedepannya yaitu sebagai berikut :

1. Data lengkap spesifikasi Pemutus Tenaga dan Relai mengenai waktu pemutusan gangguan sangat diperlukan untuk penentuan secara tepat batas tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diijinkan.
2. Arus gangguan ke tanah terbesar dapat ditentukan menggunakan bantuan *software* apabila mencangkup sistem yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutaeruk, T.S. 1999. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- [2] IEEE Std. 80.2000. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. USA
- [3] IEEE Std. 665.1995. *IEEE Guide for Generating Station Grounding*. USA.
- [4] Sulasno. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Satya Wacana, Semarang